

Implementasi Sensor Network untuk Monitoring Base Transceiver Station (BTS)

Network Sensor Implementation for Monitoring Base Transceiver Station (BTS)

Z Y Hutapea^{1*}, Lukas²

^{1, 2}Program Studi Magister Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta, Indonesia
¹ijulforever@yahoo.com

ABSTRACT – Troubleshooting on BTS System is an important part of the maintenance function. Case studies on Operator X indicate that maintenance operations are carried out manually. For example in the Jabodetabek area there are 79 BTS and in 2015 there were 34 disturbances. In an effort to reduce operational costs and the effectiveness of handling disruption, it is proposed the application of the Sensor Network concept that allows remote monitoring and processing of information for various efforts to deal with interference. The proposed Network Sensor is built using a microcontroller device that is integrated with the OpenWRT router. Network sensor devices are then integrated into data networks that are on a monitored cellular system. In the Server section a data processing system is built to produce early warning information for the operator.

Keywords – Shelter BTS, Early Warning System, Temperature, Humidity, Power Supply

ABSTRAK – Penanganan gangguan pada Sistem BTS merupakan suatu bagian penting pada fungsi Pemeliharaan. Studi kasus pada Operator X menunjukkan bahwa Kegiatan operasional pemeliharaan dilakukan secara manual. Sebagai contoh pada area Jabodetabek terdapat 79 BTS dan pada tahun 2015 terdapat 34 gangguan. Dalam upaya menekan biaya operasional dan efektifitas penanganan gangguan maka diusulkan penerapan konsep Sensor Network yang memungkinkan dilakukannya monitoring secara remote dan pengolahan informasinya untuk berbagai upaya penanganan gangguan. Sensor Network yang diusulkan dibangun menggunakan perangkat mikrokontroler yang diintegrasikan dengan router OpenWRT. Perangkat sensor network kemudian diintegrasikan pada jaringan data yang ada pada sistem seluler yang dimonitor. Pada bagian Server dibangun sistem pengolahan data yang untuk menghasilkan informasi early warning bagi pihak operator.

Kata Kunci – Shelter BTS, Early Warning System, Temperatur, Humidity, Power Supply

1. PENDAHULUAN

Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu peralatan sistem embedded yang didalamnya terdapat satu atau lebih sensor dan dilengkapi dengan peralatan sistem komunikasi. Sensor disini digunakan untuk menangkap informasi sesuai dengan karakteristik. WSN merupakan suatu jaringan nirkabel yang memegang potensi untuk merevolusi segmen ekonomi dan kehidupan, mulai dari pemantauan lingkungan dan konservasi sampai manufaktur dan manajemen bisnis, dan untuk otomatisasi dalam transportasi dan industri

kesehatan [1]. WSN terdiri dari beberapa *node* sensor yang diletakkan di tempat-tempat berbeda untuk memonitor suatu kondisi tertentu [2].

Sensor yang harus dipilih untuk aplikasi tergantung pada properti fisik yang akan dipantau, misalnya, sifat dari temperatur, tekanan, cahaya, atau kelembaban. Tabel 1 merangkum beberapa sifat fisik umum, termasuk contoh teknologi penginderaan yang digunakan untuk memantau sifat fisik tersebut. Berikut contoh tipe sensor yang dapat dilihat pada tabel 1 [3].

BTS adalah kependekan dari *Base Transceiver Station*. Komponen BTS sendiri terdiri dari 3 bagian utama yaitu *Tower*, *Shelter* dan *Feeder*. BTS berfungsi menjembatani perangkat komunikasi pengguna dengan jaringan menuju jaringan lain.

Tower adalah menara yang terbuat dari rangkaian besi atau pipa yang bertujuan untuk menempatkan antena dan radio pemancar maupun penerima gelombang telekomunikasi dan informasi. *Tower* BTS komunikasi dan informatika memiliki derajat keamanan tinggi terhadap manusia dan makhluk hidup di bawahnya, karena memiliki radiasi yang sangat kecil sehingga sangat aman bagi masyarakat di bawah maupun disekitarnya [4].

Tabel 1. Klasifikasi dan Contoh Tipe Sensor.

Tipe Sensor	Contoh Sensor
Temperatur	Thermistor, thermocouple
Tekanan	Pressure gauge, barometer, ionization gauge
Optik	Photodiodes, phototransistors, infrared sensors, CCD sensors
Akustik	Piezoelectric resonators, microphones
Mekanik	Strain gauges, tactile sensors, capacitive diaphragms, piezoresistive cells
Gerakan dan Getaran	Accelerometers, gyroscopes, photo sensors
Posisi	GPS, ultrasound-based sensors, infrared-based sensors, inclinometers
Kelembaban	Capacitive and resistive sensors, hygrometers, MEMS-based humidity sensors
Radiasi	Ionization detectors, Geiger-Mueller counters

Shelter BTS adalah suatu tempat yang terdapat perangkat-perangkat telekomunikasi yang akan terhubung ke sebuah sentral atau pusat perangkat. Untuk letaknya, biasanya tidak akan jauh dari suatu *Tower* atau Menara karena adanya ketergantungan sebuah fungsi diantara keduanya, yakni *shelter* BTS dan *Tower*. Di dalam *Shelter* terdapat berbagai perangkat-perangkat seperti *router*, *switch*, *air conditioner* (AC), *uninterruptible power supply* (UPS), *indoor unit* (IDU) *radio point to point* (PTP), *indoor unit* (IDU) *radio point to multi point* (PTMP), *power supply*, *battery* dan *AC/DC converter*. Beberapa perangkat seperti kipas, *air conditioner* (AC), pintu, *power supply*, kelembaban udara, *AC/DC converter* perlu dipantau kerjanya dengan pemeliharaan secara rutin untuk menunjang kinerja dan kondisi BTS [4].

Kerusakan pada perangkat pendukung ini dapat memberikan dampak pada BTS yang lain. Masalah yang ada pada BTS adalah panas, tegangan turun

hingga pencurian [5]. Kegiatan pemantauan shelter BTS bertujuan untuk memantau kinerja dan kondisi sistem. Ketika kegiatan pemantau ini dihadapkan pada berbagai permasalahan kompleks seperti keakuratan, kehandalan, kecepatan, serta nilai ekonomis tenaga manusia akan menjadi kurang efisien jika digunakan [5]. Tidak adanya personel keamanan di setiap shelter BTS juga dapat menjadi celah untuk orang tidak bertanggungjawab melakukan pencurian terhadap perangkat yang terdapat di dalam shelter. Dengan pemantauan dan keamanan *shelter* BTS, maka diperlukan sistem peringatan dini seperti pemantauan terhadap temperature suhu, kelembaban dan sistem keamanan dengan jarak jauh.

Feeder adalah kabel yang menghubungkan antara antena dengan *shelter*.

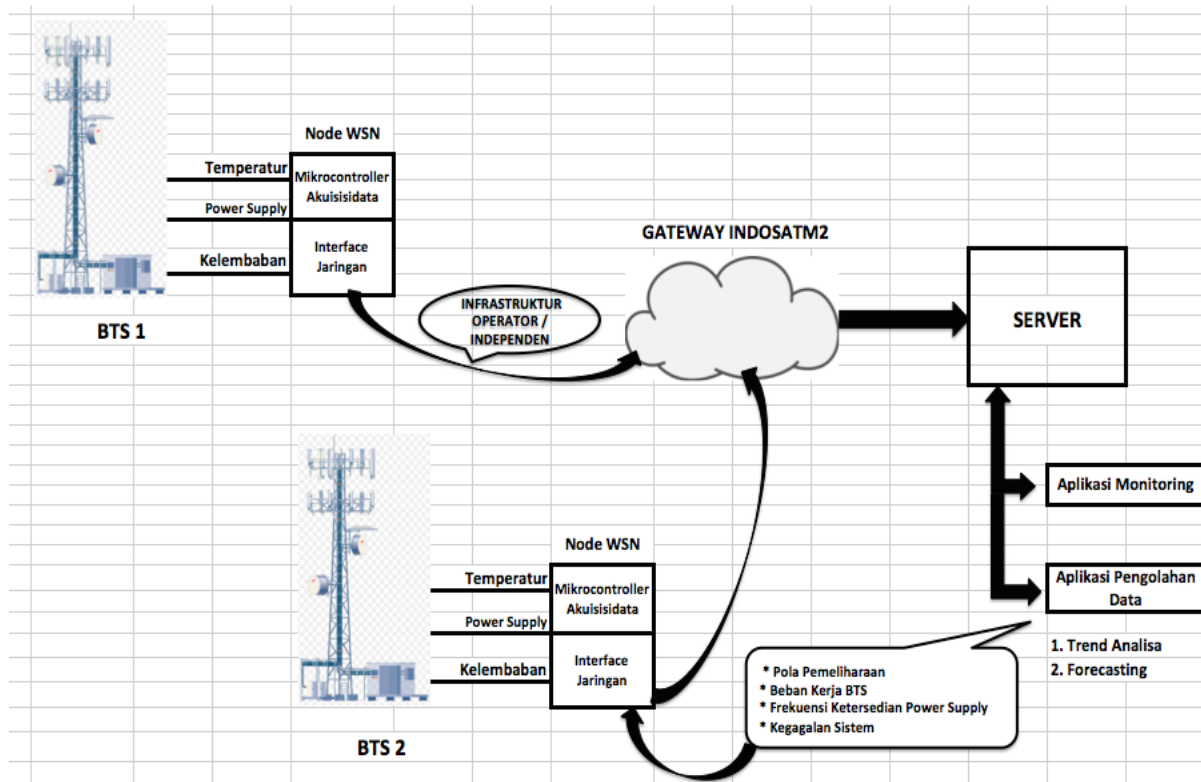
2. METODA DAN BAHAN

Operator X sebagai penyelenggara jasa telekomunikasi terkemuka di Indonesia yang sudah beroperasi secara penuh sejak tahun 2000 untuk membangun dan menerapkan jasa dan produk berbasis IP, internet dan multimedia di Indonesia.

Operator X memiliki 79 site BTS untuk lingkup jabodetabek dan semua site ini di bawah tanggungjawab dari Provisioning dan Maintenance Department. Dalam kesehari-hariannya diharapkan fungsi kerja dari BTS dapat bekerja dengan baik. Akan tetapi terkadang pasti akan muncul suatu masalah seperti masalah AC atau masalah power supply yang berdampak kepada tidak berfungsi dengan baik kondisi BTS tersebut.

Status saat ini operator X tidak membuat kerjasama dengan pihak ketiga, dalam hal ini sebagai mitra atau vendor untuk perjanjian kerjasama manage service maintenance dalam mengatasi setiap masalah yang terjadi di setiap shelter operator X. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan anggaran dari manajemen dalam penggunaan anggaran, sehingga anggaran untuk perjanjian kerjasama maintenance shelter operator X ditiadakan di tahun 2016.

Pada tahun 2015 pernah diadakan perjanjian kerjasama dengan pihak ketiga untuk kontrak manage service maintenance shelter operator X. Sesuai dengan perjanjian kerjasama yang ada, mitra operator X ditargetkan per 3 (tiga) bulan sekali memberikan laporan dokumentasi dari hasil maintenance shelter operator X se-jabodetabek.



Gambar 1. Topologi desain WSN pada *shelter* Operator X.

Pada tabel 2 adalah rekapitulasi data gangguan yang dilakukan penanganan troubleshooting dan preventive oleh Team Provisioning dan Maintenance Departement periode tahun 2015 di beberapa shelter operator X. Dari hasil rekapitulasi data gangguan yang ada, dengan adanya perjanjian kerjasama maintenance shelter masih terdapat 34 item gangguan selama periode tahun 2015. Hal ini umumnya terjadi pada permasalahan power supply, air conditioner (AC), kerusakan pintu shelter dan relokasi shelter.

Dengan menganalisa hasil rekapitulasi data gangguan diatas maka peneliti akan melakukan penelitian tentang implementasi wireless sensor network sebagai sistem peringatan dini (Early Warning System) dengan me-monitoring parameter temperature, power supply dan kelembaban di beberapa shelter BTS Operator X.

Sistem peringatan dini merupakan elemen utama dari pengurangan risiko bencana. Hal ini dapat mencegah hilangnya nyawa dan mengurangi dampak ekonomi serta material dari suatu bencana. Agar efektif, sistem peringatan dini harus secara aktif melibatkan masyarakat berisiko, memfasilitasi pendidikan dan kesadaran masyarakat berisiko,

secara efektif menyebarkan peringatan dan memastikan adanya keadaan yang konstan / stabil [6]. Sebuah sistem peringatan dini yang lengkap dan efektif mendukung empat fungsi utama: analisis risiko, monitoring dan peringatan, diseminasi dan komunikasi, dan kemampuan respon [7].

Sistem peringatan dini dapat diimplementasikan sebagai rantai sistem komunikasi informasi dan terdiri dari sensor, alat pendeteksi, dukungan keputusan, subsistem broker, subsistem respon. Mereka bekerja sama untuk meramalkan dan sinyal gangguan yang mempengaruhi stabilitas dunia fisik, menyediakan waktu untuk sistem respon untuk mempersiapkan sumber daya dan tindakan respon untuk meminimalkan dampak pada stabilitas dunia fisik [8]. Sistem peringatan dini lebih dari sistem peringatan, yang hanya merupakan sarana yang peringatan dapat disebarluaskan kepada publik.

Gambar 1. menjelaskan penggunaan WSN pada shelter operator X dengan menggunakan alat sensor temperature suhu, sumber daya listrik dan kelembaban di BTS operator X dan diarahkan ke Node WSN yang didukung oleh mikrokontroler untuk dapat dibaca datanya serta diarahkan ke dalam suatu interface jaringan gateway operator X.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Gangguan Shelter Operator X 2015.

No	Activity	Ticket Date	Ticket Month	Ticket Type	Type of Link	BTS Name	Problem
1	Preventive	6-Jan-2015	January	Techvist	Backbone	Gunung Garuda	Power Supply
2	Preventive	8-Jan-2015	January	Techvist	Backbone	GKBI	Power Supply
3	Preventive	10-Jan-2015	January	Techvist	Backbone	Pesona Depok	Power Supply
4	Preventive	15-Jan-2015	January	Techvist	Backbone	Apt. Permata Senayan	Pintu Shelter
5	Troubleshoot	1-Feb-2015	February	Techvist	Backbone	Mandala	Power Supply
6	Troubleshoot	11-Feb-2015	February	Techvist	Backbone	SMR	Power Supply
7	Preventive	25-Feb-2015	February	Techvist	Backbone	Supermall Cilegon	Power Supply
8	Troubleshoot	26-Feb-2015	February	Techvist	Backbone	Pesona Depok	Power Supply
9	Preventive	24-Mar-2015	March	Techvist	Backbone	Suryacipta	Power Supply
10	Preventive	26-Mar-2015	March	Techvist	Backbone	Pesona Depok	Power Supply
11	Troubleshoot	26-Mar-2015	March	Techvist	Backbone	Kyoei Prince	Power Supply
12	Preventive	22-May-2015	May	Techvist	Backbone	Apt. Permata Senayan	Pintu Shelter
13	Troubleshoot	24-May-2015	May	Techvist	Backbone	Menara Kadin	Power Supply
14	Preventive	30-May-2015	May	Techvist	Backbone	Graha Kirana	Relokasi Shelter
15	Troubleshoot	6-Jun-2015	June	Techvist	Backbone	Amartapura	Power Supply
16	Troubleshoot	28-Jun-2015	June	Techvist	Backbone	Wisma SMR	Power Supply
17	Troubleshoot	11-Jul-2015	July	Techvist	Backbone	Ratu Plaza	AC
18	Preventive	27-Jul-2015	July	Techvist	Backbone	Menara Pasifik	AC
19	Troubleshoot	23-Aug-2015	August	Techvist	Backbone	SMR	Power Supply
20	Troubleshoot	19-Sep-2015	September	Techvist	Backbone	Kitech Cilegon	Power Supply
21	Troubleshoot	22-Sep-2015	September	Techvist	Backbone	Ratu Plaza	Power Supply
22	Troubleshoot	24-Sep-2015	September	Techvist	Backbone	Cyber	Power Supply
23	Preventive	6-Oct-2015	October	Techvist	Backbone	Ratu Plaza	Power Supply
24	Troubleshoot	12-Oct-2015	October	Techvist	Backbone	Mandala	Power Supply
25	Preventive	21-Oct-2015	October	Techvist	Backbone	Ratu Plaza	AC
26	Troubleshoot	26-Oct-2015	October	Techvist	Backbone	SMR	Power Supply
27	Troubleshoot	8-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Hotel Sanno	AC
28	Troubleshoot	9-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Suryacipta	Power Supply
29	Troubleshoot	20-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Kitech Cilegon	Power Supply
30	Troubleshoot	21-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Poins	Power Supply
31	Troubleshoot	22-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Music City	Power Supply
32	Preventive	24-Nov-2015	November	Techvist	Backbone	Music City	Power Supply
33	Troubleshoot	6-Dec-2015	December	Techvist	Backbone	Mandala	Power Supply
34	Troubleshoot	11-Dec-2015	December	Techvist	Backbone	Titan	Power Supply

Kemampuan sensor pada WSN secara luas membuat penggunaan WSN untuk melakukan *monitoring* lebih banyak digunakan saat ini. WSN dapat digunakan dengan sensor sederhana yang *me-monitoring* suatu fenomena, sedangkan untuk yang kompleks maka setiap WSN akan mempunyai lebih dari satu sensor sehingga WSN ini akan dapat melakukan banyak *monitoring* suatu fenomena. Jika WSN ini dihubungkan ke *gateway* yang dapat mengakses internet maka WSN ini dapat diakses dan berkolaborasi dengan sistem lain.

Server diletakkan pada *headquarter* operator X untuk dapat di *monitoring* oleh staff operator X. Pada sisi server diharapkan ada hasil yang akan diolah yaitu seperti aplikasi *monitoring* dan pengolahan data. Dengan melihat hasil aplikasi ini maka diharapkan adanya tindakan sistem

peringatan dini (*Early Warning System*) yang dapat segera ditindaklanjuti oleh *Provisioning & Maintenance Department* sebagai tindakan *troubleshooting* atau *preventive* sehingga peran aktif akan lebih cepat ditangani dengan baik.

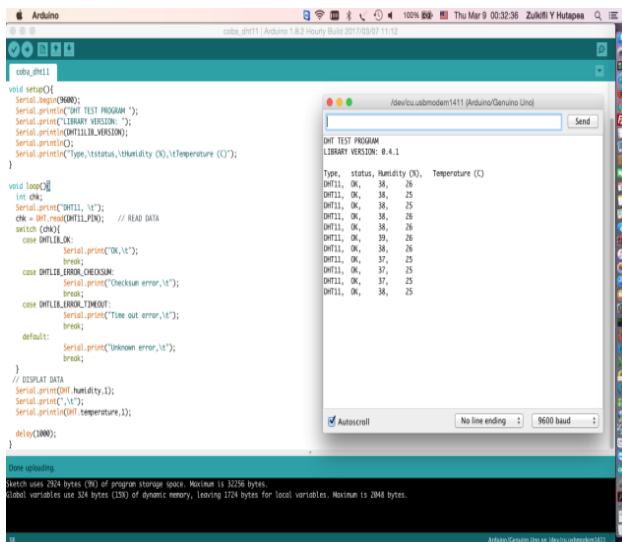
Saat ini untuk sumber daya listrik di *shelter* Operator X sudah didukung dengan adanya *uninterruptible power supply* (UPS) dengan tipe Powerware 9125RM.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari alat sensor DHT11, Mikrokontroler Arduino Uno, Router TP-Link TL-MR3020, Laptop O/S Windows

2010. Berikut ini dijelaskan perangkat keras tersebut untuk sistem peringatan dini pada shelter BTS.

- a. Alat Sensor DHT11 berfungsi untuk membaca kondisi suhu dan kelembaban pada shelter BTS yang telah dilengkapi dengan kalibrasi sinyal digital, sehingga keluaran dari sensor sudah berbentuk sinyal digital. Komunikasi yang digunakan DHT11 dengan mikrokontroler melalui antarmuka serial menggunakan satu jalur data, sehingga komunikasi antara mikrokontroler dengan DHT11 hanya menggunakan satu jalur dari pin data DHT11 ke pin I/O mikrokontroler. Untuk rancangan ini alat sensor DHT11 pada pin VCC diintegrasikan ke pin 5 volt, pin GND diintegrasikan ke pin GND dan pin S diintegrasikan ke pin 4 pada perangkat mikrokontroler Arduino Uno.
- b. Mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali utama sehingga dapat mengolah data yang dikirim dari alat sensor DHT11 dan mengirimkannya ke *webserver* secara berkala melalui Router TP-Link TL-MR3020, Laptop O/S Windows 2010. Arduino mempunyai perangkat lunak tersendiri yang berfungsi sebagai *developer program* untuk memasukan program ke dalam mikrokontroler.



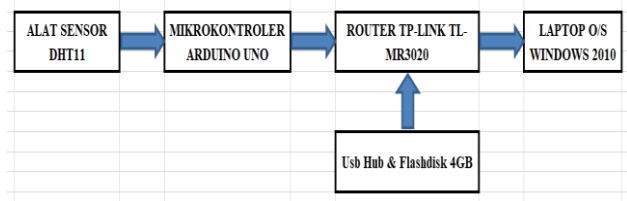
Gambar 2. Program Mikrokontroler Arduino Uno.

- c. Router TP-Link TL-MR3020 terdapat komponen *interface* jaringan dan mikroprosesor. Router ini

dipilih karena bentuknya yang kecil sehingga mudah dibawa. Selain itu, router ini memiliki port USB yang dapat dipasang *flashdisk* untuk *exroot* dan komunikasi *serial* dengan arduino. Router TP-Link MR3020 diganti *firmware* dasarnya dengan *firmware* OpenWrt. OpenWrt memiliki lisensi *General Public License* (GPL). Hal ini mengakibatkan sistem ini bersifat *open source* sehingga pengguna dapat mengganti *firmware* asli yang ada dengan OpenWrt. Setelah diganti, router dipasang paket-paket yang dibutuhkan untuk menunjang perancangan ini. Proses selanjutnya melakukan penambahan memori pada router. Untuk proses pengiriman data dari mikrokontroler ke server akan disimpan terlebih dahulu oleh router. Setelah itu baru dikirim ke server.

- d. Laptop O/S Windows 2010. berfungsi untuk akses ke setiap perangkat diatas serta menampilkan hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti.

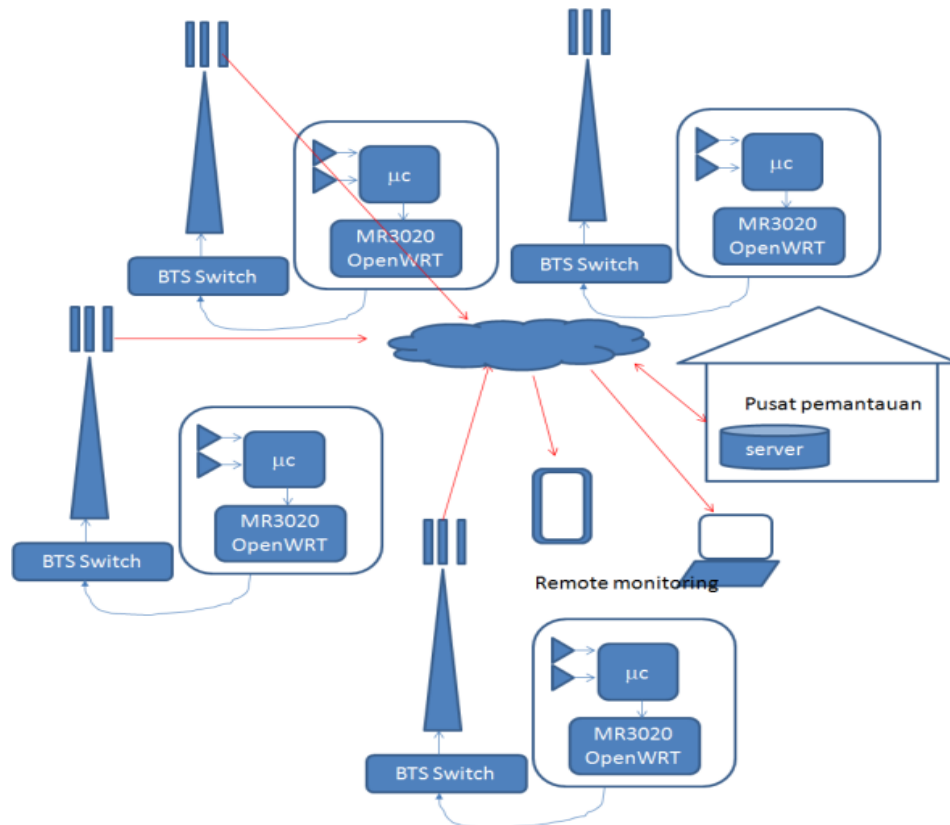
Skema perancangan perangkat keras yang dirangkaikan pada sistem peringatan dini dan di *install* pada shelter BTS seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dibawah ini.



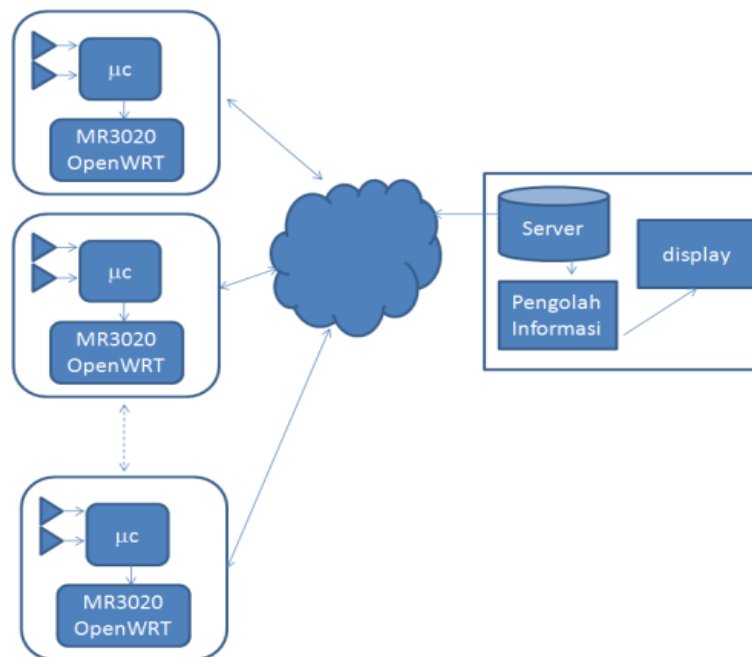
Gambar 3. Skema Sistem Peringatan Dini.

Untuk konsep sistem pemantauan shelter BTS dengan *Sensor Network* yang dilakukan oleh peneliti seperti pada Gambar 4. adalah dengan meng-*install* perangkat keras (mikrokontroler dan router MR3020 OpenWRT) di beberapa shelter BTS yang ada *switch* operator X.

Dari beberapa shelter BTS yang ada *switch* operator X akan terintegrasi ke dalam *cloud network* operator X sebagai *remote monitoring* ke pusat pemantauan. Kemudian akan dipantau secara kontinu melalui integrasi perangkat server yang berada di dalam pusat pemantauan.



Gambar 4. Konsep Sistem pemantauan BTS dengan *Sensor Network*.



Gambar 5. Konsep Sistem pemantauan BTS dengan *Sensor Network*.

Gambar 5 menjelaskan Konsep Sistem Pemantauan BTS dengan *Sensor Network* dengan mengintegrasikan perangkat mikrokontroler dan router MR3020 OpenWRT ke perangkat switch operator X. Untuk perangkat switch operator X

merupakan perangkat existing yang sudah ada di shelter BTS operator X yang sudah terhubung ke dalam *cloud network* operator X. Oleh karena itu akan lebih baik pusat pemantauan melakukan *monitoring* kondisi dari shelter BTS operator X.

Sistem *monitoring* terdiri dari perangkat *server* yang berfungsi sebagai mengambil informasi data sensor dari shelter BTS operator X. Informasi data sensor akan di olah dan ditampilkan dalam tampilan *display* yang bisa diakses melalui *cloud network* operator X sebagai informasi *early warning system* bagi operator X.

Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terdiri dari *developer program* Mikrokontroler Arduino Uno, aplikasi MiniTool Partition Wizard Server Edition 9.0 Final Incl. Serials [ATOM], firmware OpenWRT, aplikasi WampServer2.0i, aplikasi winscp574setup, aplikasi jgraph-4.0.2.tar, aplikasi adminer-4.3.1. Berikut ini dijelaskan perangkat lunak tersebut untuk sistem peringatan dini pada shelter BTS.

- a. *Developer program Mikrokontroler Arduino Uno* berfungsi untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler.
- b. *Aplikasi MiniTool Partition Wizard Server Edition 9.0 Final Incl. Serials [ATOM]* berfungsi untuk mem-format Flashdisk 4GB menjadi diatur menjadi Primary Ext4 sebesar 2000MB dan dibuat 1 partisi lagi yang diatur menjadi Primary Linux Swap sebesar 2000MB.
- c. *Firmware OpenWRT* berfungsi untuk dipasang paket-paket yang dibutuhkan untuk menunjang perancangan ini.
- d. *Aplikasi WampServer2.0i* berfungsi untuk menerima dan menyimpan data yang diperoleh oleh sensor dalam bentuk database. Pada perancangan ini, *database* dibuat pada *web server*. *Web server* yang digunakan adalah WampServer. *Database* yang digunakan MySQL dan bahasa pemrograman php. PHP adalah bahasa pemrograman umum yang paling banyak digunakan untuk pengembangan web. PHP sangat cepat dan fleksibel dan sebagian besar pengembang *web* membuat konten dinamis yang berinteraksi dengan *database* melalui PHP.
- e. *Aplikasi winscp574setup* berfungsi untuk transfer file atau copy file antara windows dengan linux. Kegunaan dari WinSCP ini adalah sebagai alat untuk transfer, atau lebih familiar kita kenal dengan sebutan upload dan download file melalui protokol ftp dan secure shell (SSH), Dengan WinSCP kita juga dapat melakukan editorial seperti mengedit isi file, merubah nama file menghapus file dan lain sebagainya.
- f. *Aplikasi jpgraph-4.0.2.tar* adalah library dari PHP yang bersifat *Object Oriented* yang berfungsi untuk membuat grafik pada browser

dengan menggunakan data yang ada. JpGraph bersifat open source dapat didownload secara gratis melalui <http://jpgraph.net/download/>. Perlu diperhatikan bahwa untuk dapat menggunakan JpGraph pastikan GD library aktif (enable) pada PHP.

Aplikasi adminer-4.3.1. adalah aplikasi berbasis web yang berfungsi untuk mengolah data-data di web Aplikasi ini hanya terdiri dari sebuah file PHP dan mendukung berbagai jenis database. Selain itu, pilihan bahasa untuk antar mukanya juga sudah beragam, bahasa Indoensia juga sudah ada

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

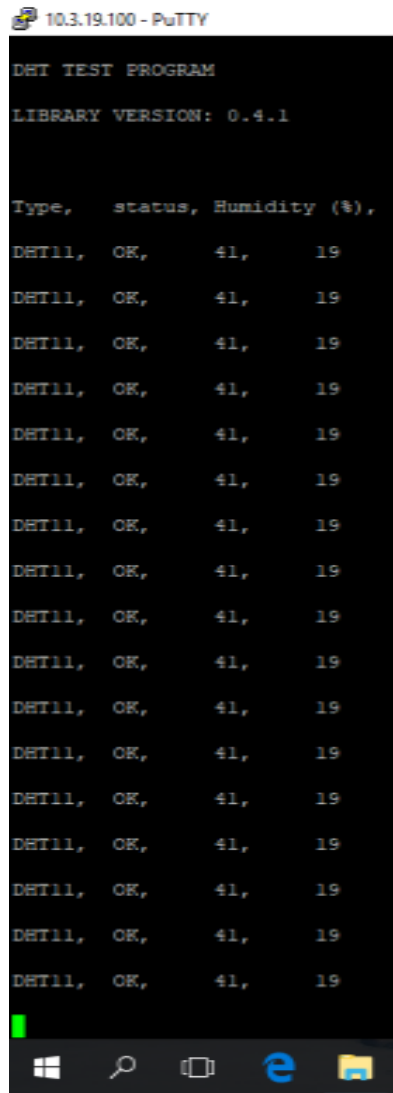
Dalam hasil pengujian ini, peneliti menampilkan beberapa hasil pengujian yang sudah dijalankan saat ini adalah:

- a. Tampilan hasil yang terbaca pada perangkat langsung dari Mikrokontroler Arduino Uno yang dihubungkan ke Laptop O/S Windows 2010.

[illegible]

Gambar 7. Hasil pengujian melalui Mikrokontroler Arduino Uno.

- b. Tampilan hasil yang terbaca pada perangkat Laptop O/S Windows 2010 setelah dihubungkan melalui Mikrokontroler Arduino Uno, Usb Hub, Flashdisk 4GB, dan Router TP-Link TL-MR3020 serta diintegrasikan ke jaringan gateway dan LAN Operator X dengan menggunakan IP 10.3.19.100.



Gambar 8. Hasil pengujian melalui jaringan LAN Operator X.

- c. Tampilan alat sensor DHT11 yang dipasang pada perangkat AC (Air Conditioning) dengan kondisi kelembaban (humidity) sudah mencapai 42% dimana terlihat bahwa adanya kelembaban air yang muncul pada penampung AC tersebut

Sistem Peringatan Dini (*Early Warning System*) yang dapat diketahui lebih awal, hal ini akan menekan biaya operasional dan efektifitas penanganan gangguan. Sistem peringatan dini dapat berjalan dengan baik melalui implementasi WSN pada *monitoring* BTS Operator X yang sudah diintegrasikan ke dalam jaringan *gateway* Operator X dari shelter ke server yang diinstall pada jaringan LAN Operator X dikantor pusat. Hasil informasi yang terbaca pada perangkat alat sensor DHT11 dikirimkan ke webserver dan sudah bisa ditampilkan pada Laptop O/S Windows 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhao, F., Guibas, L. *Wireless Sensor Network: An Information Processing Approach*. San Fransisco: Morgan Kaufmann Publisher. 2004.
- [2] Sohrawy, K et al. *Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications*. New York: Wiley - Interscience. 2007.
- [3] Dargie, Waltenegus., Poellabauer, Christian. *Fundamentals of Wireless Sensor Networks: Theory and Practice*. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. 2010.
- [4] Ginting, Depema. *Sistem Pemantauan Shelter BTS Berbasis Mikrokontroler dan Website*. Tugas Akhir Teknik Elektro Universitas Komputer Indonesia. 2013.
- [5] Nugroho, Tunggul Arief. *Remote Monitoring Berbasis GPRS (Studi Kasus: Monitoring Shelter BTS)*. Yogyakarta: Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi - SNATI. 2010.
- [6] Wiltshire, Alison. *Developing Early Warning Systems: A Checklist (PDF)*. *Proceedings of the 3rd International Conference on Early Warning EWC III*, Bonn (Germany). 2006.
- [7] "Basics of early warning". Retrieved August 07, 2014.
- [8] Waidyanatha, Nuwan. "Towards a typology of integrated functional early warning systems". *International Journal of Critical Infrastructures*. No 1. 6: 31-51. doi:10.1504/ijcis.2010.029575. 2010. Retrieved August 03, 2012.

4. KESIMPULAN

Problem yang terjadi saat ini dapat terselesaikan dengan implementasi wireless sensor network (WSN) untuk monitoring temperatur suhu, kelembaban dan sumber daya listrik. Selain itu,